PRIMERAS JORNADAS REGIONALES DE CALIDAD DE ENERGÍA 2006
8 y 9 de Setiembre de 2006 - Uruguai

CONEXÃO DE GERADORES COM O SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO

Senne, E. F.; CPFL Energia; flausino@cpfl.com.br; telefone, 55-16-36056574
Scarassati, P. C.; CPFL Energia; pcsca@cpfl.com.br; telefone, 55-19-37568425

Dr.Silveira, P. M.; Universidade Federal de Itajubá; pmsilveira@unifei.edu.br; telefone: 55-35-36291254
PhD, Mohallem, C.A.G.; Universidade Federal de Itajubá; mohallem@unifei.edu.br; telefone: 55-35-36291393

CPFL Energia - Companhia Paulista de Força e Luz (Campinas/SP/Brasil)
UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá (Itajubá/MG/Brasil)

PALAVRAS-CHAVE

Geração Distribuída; Distribuição e Proteção.

RESUMO

O artigo tem como objetivo mostrar os métodos utilizados para conexão de autoprodutores (com vendas de excedentes ou não) e produtores independentes em paralelo com o sistema de distribuição da CPFL, sob os aspectos de proteção da interconexão, qualidade de fornecimento, operação e a utilização de religadores em redes rurais de distribuição para sistemas de geração distribuída - 15/25 kV, podendo ser utilizado o procedimento para outras concessionárias, dependendo da configuração. A operação de usinas de um modo geral e principalmente no sistema de distribuição apresenta particularidades que podem vir a ser problemas de grandes proporções para produtores que pretendem operar com geração própria em paralelo com o sistema elétrico. Serão abordadas soluções adotadas, quando da conexão de geradores em paralelo com o sistema.

INTRODUÇÃO

O atendimento de cargas de forma radial e isolada não se torna atrativa, devido à baixa confiabilidade dessa configuração operativa, quando comparada a um sistema interligado.

Os requisitos para operação em paralelo de uma maneira geral, são definidos segundo o nível de tensão em que se dará o paralelismo: na distribuição, onde as tensões nominais de operação das redes podem ser de 15 / 25 kV, ou no nível de subtransmissão, onde as tensões nominais de operação das linhas podem ser 138 / 88 / 69 kV. A definição do nível de tensão se fará no ponto de interligação entre os sistemas da concessionária e do autoprodutor, em função da demanda de exportação e também do menor custo global do empreendimento.

Os requisitos técnicos de proteção visam garantir a integridade dos sistemas elétricos e equipamentos da concessionária e do autoprodutor na ocorrência de defeitos.

Embora superficialmente, dado o enfoque principal do presente trabalho, podem-se mencionar os principais aspectos abordados no estabelecimento daqueles requisitos:

- forma de ligação dos transformadores de acoplamento dos turbogeradores à rede elétrica;
- capacidade máxima de curto-circuito num ponto qualquer da rede de distribuição, estando os sistemas em paralelo;
- disponibilidade mínima para que os relés garantam as várias funções necessárias à supervisão dos sistemas operando em paralelo;
- periodicidade mínima para realização de manutenções preventivas, com rotina de emissão de relatório por parte do autoprodutor;
- obrigatoriedade de observância às instruções operativas específicas, que constam do contrato de compra de excedentes, onde são regulamentados os procedimentos de manobra em condições normais e de emergência, critérios de comunicação, etc..

PONTOS DE ATENÇÃO COM CONEXÃO DE GERADORES EM PARALELO

Existem algumas particularidades que deverão ser consideradas para a definição da proteção da interconexão de autoprodutores em paralelo no sistema de distribuição e subtransmissão da concessionária, conforme se mostra a seguir:

A - Autoprodutores

Os autoprodutores necessitam proteger os geradores não somente contra curtos-circuitos, mas também para outras condições de operação anormal, que são: superexcitação, sobretensão, correntes desbalanceadas, freqüências anormais e stress no eixo do gerador, devido ao religamento automático dos disjuntores das concessionárias (caso o gerador ainda estiver no sistema). Quando sujeitas a estas condições, podem ocorrer em alguns segundos, perdas e/ou falhas no gerador, e estes danos devem ser a maior preocupação dos cogeradores.

B - Concessionária

1. Religamentos

Quando ocorre atuação de seus equipamentos de proteção, a concessionária necessita restabelecer o fornecimento de energia, o mais rapidamente possível, e esse esforço é muito complicado, tendo geradores de cogeradores ilhados atendendo cargas da concessionária. O Religamento automático, que é universalmente o primeiro método adotado para restabelecer o atendimento aos consumidores o mais rápido possível, torna-se delicado, pois havendo geradores no modo ilhado, há sérios riscos de se ter o fechamento sem sincronização entre os geradores com carga ilhada e a fonte da concessionária.

2. Qualidade da Energia Elétrica

Não há garantia da manutenção de níveis adequados de tensão e freqüência pelos cogeradores, quando operando em modo ilhado. Assim, podem ocorrer danos em equipamentos de consumidores da concessionária, que estejam sendo supridos nessa condição.

3. Segurança

Com o paralelismo, há riscos técnicos ou de segurança para outros consumidores, bem como ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção, quando não são tomadas as precauções necessárias.

CONEXÃO DE GERADORES EM PARALELO

Serão abordadas agora, soluções adotadas, com o objetivo de manter o fornecimento de energia elétrica os consumidores dentro de níveis adequados de qualidade e determinados pela ANEEL, além de manter os indicadores de Qualidade para o atendimento dos consumidores, levando-se sempre em consideração que a topologia do sistema elétrico de distribuição foi inicialmente concebida para o atendimento exclusivamente a cargas, e que a conexão de pequenos geradores embutidos altera significativamente as configurações da região geo-elétrica considerada.

A - Proteção e Religamentos

Como a filosofia de proteção do sistema foi desenvolvido, para a distribuição de energia elétrica, e necessita restabelecer rapidamente o sistema, visando garantir a qualidade do fornecimento de energia, utilizam-se religamentos automáticos nos disjuntores dos alimentadores, religadores instalados ao longo dos alimentadores e das linhas de subtransmissão.

Com a conexão em paralelo de geradores de autoprodutores no sistema de distribuição, existe a preocupação com as seguintes possibilidades:

religamento dos disjuntores de distribuição e de subtransmissão, ou religadores instalados ao longo dos alimentadores da concessionária sobre o gerador do acessante, caso o mesmo não tenha ainda se desconectado do sistema. Este religamento poderá ocasionar stress ou mesmo danificar o gerador permanentemente, dependendo da condição que se encontra o sistema no momento do religamento;

manter níveis aceitáveis de confiabilidade, continuidade e qualidade de energia;

segurança aos demais consumidores e ao pessoal de operação e manutenção da concessionária;

quando ocorridos problemas nas instalações do acessante e equipamentos, não ocorra prejuízo nas condições de fornecimento de energia elétrica da concessionária para os demais consumidores;

- aumento dos níveis de curto-circuito no sistema elétrico;
- alteração do alcance de algumas proteções;
- alteração das condições de operação do sistema elétrico;
- defeitos ou falhas no sistema de subtransmissão;
- inversão do fluxo da energia de exportação para o sistema de subtransmissão.

Os relés a serem implementados nas dependências do autoprodutor não garantem a saída de paralelo, quando houver faltas ou defeitos na subestação de distribuição e também no sistema de subtransmissão, não garantindo assim, a segurança requerida.

Diante do exposto, são solicitadas as adaptações adequadas tanto nas subestações do autoprodutor como na concessionária, visando a continuidade de fornecimento e também proporcionando a segurança aos geradores a serem conectados e aos que irão operar os ativos da concessionária.

B - Requisitos para o Paralelismo

1. Condições Gerais

Com a conexão de geradores em paralelo com o sistema de distribuição, o autoprodutor deverá se preocupar com as proteções a serem instaladas no disjuntor de interligação e demais equipamentos que façam o paralelismo, de modo que o desfaça e o bloqueie prontamente sempre que ocorrer quaisquer distúrbios (curto-circuito, fase aberta, variação acentuada de tensão e/ou freqüência, etc.) ao longo do alimentador até a subestação da concessionária (tronco e ramais), visando à preservação de suas próprias instalações.

O esquema de proteção do autoprodutor deverá ser suficientemente rápido, de forma a não prejudicar a operação do religamento automático de alta velocidade dos circuitos alimentadores do sistema elétrico. Esta medida tem a finalidade de evitar que o sistema feche o paralelo fora de sincronismo, podendo danificar o gerador do autoprodutor, assim como minimizar o tempo de interrupção para os demais consumidores.

A capacidade de geração do autoprodutor deve ser dimensionada para que, nas condições elétricas mais desfavoráveis, haja garantia de que tensões e correntes de curto-circuito no sentido dos geradores para o sistema da concessionária atinjam valores mínimos necessários, para que as proteções instaladas nos pontos de interligação possam operar com segurança.

Os geradores do autoprodutor devem ser removidos do paralelo através de disjuntores acionados por relés secundários, sempre que ocorrer uma anomalia (curto-circuito, queda de tensão anormal ou variação de freqüência acentuada, falta de fases ou fase, etc.) no sistema elétrico da concessionária ou na própria instalação do autoprodutor, quando for impossível isolar o defeito por outros meios.

2. Requisitos Específicos

A seguir, são apresentados alguns requisitos específicos (conforme figura 1) adotados pela concessionária para a conexão de autoprodutores em paralelo com o seu sistema de distribuição:

- Existência de um disjuntor de interligação localizado entre a instalação do autoprodutor e a concessionária;
- Os disjuntores e/ou qualquer equipamento de manobra que permita o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo, deverão possuir intertravamento de forma a evitar o fechamento do paralelo por meio destes;
- A segurança do sistema dependerá das ações corretas de toda a estrutura organizacional do autoprodutor;
- O autoprodutor deverá dotar o seu sistema elétrico de um eficiente esquema de rejeição das cargas não prioritárias e de abertura do(s) disjuntor (es) de paralelismo, a fim de que distúrbios de tensão, freqüência e oscilações provenientes do sistema elétrico não afetem as suas cargas prioritárias e os seus geradores;
- O paralelismo deverá ser feito com geradores trifásicos, 60 Hz;
- Todos os geradores do autoprodutor deverão estar ligados à rede primária através de transformador de acoplamento;
- Utilização de proteções convencionais (67, 50/51, 50/51N, 27, 59, 59N, 32, 81, 25) e ou substituição ou aplicação de proteção adicional em função da análise de demanda de exportação e contribuição de curto-circuito (67-51V ou 21), de tal maneira que, faltas, falhas, surtos atmosféricos, correntes de seqüência negativa excessivas ou outras perturbações na rede da concessionária não causem danos às suas instalações;

3. Esquemas de Proteção do Autoprodutor

Na figura 1, observamos o esquema de proteção usado pelo autoprodutor conectado na rede de distribuição (15/25 kV).
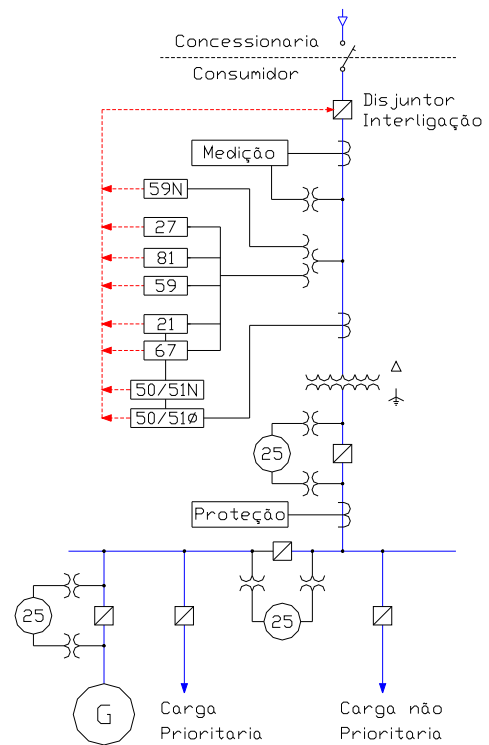
Figura 1 – Proteção do Autoprodutor para cogeração

C - Adaptações Necessárias na Subestação de Distribuição da CPFL

Certas adaptações nas subestações de distribuição são fundamentais (figura 2), pois as proteções do gerador em paralelo (disjuntor de interligação) não são sensibilizadas por curto-circuito na Linha de Subtransmissão. Assim, as adaptações necessárias na subestação da CPFL visam complementar a proteção do autoprodutor, com o seguinte objetivo:

- No caso de falta no sistema de subtransmissão, proteções adicionais para desconectar o disjuntor do alimentador onde seria conectado o autoprodutor em paralelo;
- Verificação de tensão na saída de alimentador (15/25 kV) onde seria conectado o autoprodutor em paralelo.

1. Proteções adicionais

É implementado um esquema de proteção de modo que, para qualquer tipo de falta que possa ocorrer, seja na linha de subtransmissão ou no barramento que alimenta a subestação, seja na própria SE da concessionária, o disjuntor do alimentador, onde será conectado o autoprodutor em paralelo, seja desconectado. Dessa forma, tem-se condição de proceder ao religamento normal no sistema de Subtransmissão e dar-se continuidade de fornecimento, nos casos de defeitos transitórios.

Este esquema é constituído por relés direcionais – 67 (ou distância – 21, que pode ser aplicado como opção ou complemento ao relé 67, dependendo da análise de demanda de exportação e contribuição de curto circuito), por relés de sobretensão de seqüência zero – 59N e por relés de tensão nula de corrente contínua - 27-0, que estão acondicionados em uma Cabine de Proteção de Autoprodutor (CPA), acoplada próximo à estrutura de 15/25kV. O relé de tensão nula de corrente contínua 27-0 atuará se houver falta de corrente contínua na CPA e também irá desligar automaticamente o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autoprodutor.

Para curto-circuito dentro da Subestação da CPFL, as proteções atuarão nas suas respectivas filosofias adotadas e também abrirá o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autoprodutor, assim como para anomalias ao longo do próprio alimentador.

2. Esquemas de Proteção da Subestação de Distribuição da CPFL
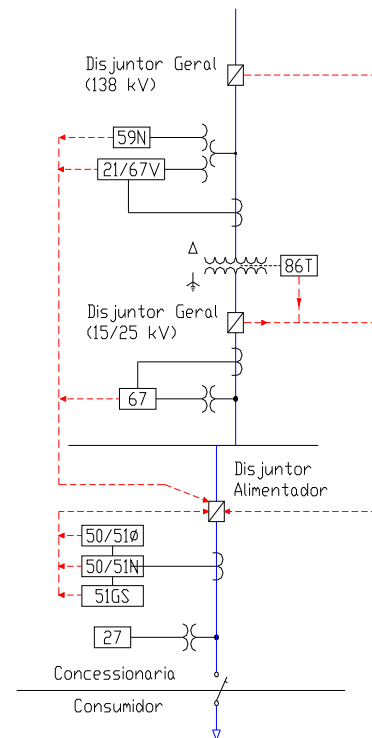
Figura 2 – Adequação da Proteção na SE para co-geração

3. Verificação de Tensão no Alimentador

É implementada uma lógica de religamento, para que, quando da abertura do disjuntor do alimentador que estiver em paralelo com o cogerador, evitar o religamento do sistema sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.

Para isso é solicitado o relé de subtensão 27CA, que estará conectado aos TP´s instalados na saída do disjuntor do alimentador que estiver em paralelo com o autoprodutor, verificando constantemente a tensão no circuito. No caso de um curto circuito, havendo tensão no alimentador (fato que significa que o cogerador está no circuito sustentando cargas do alimentador), o disjuntor não religa, e não havendo tensão (cogerador está fora do circuito), o religamento é completado normalmente. Depois de normalidade o paralelo será feito pelo cogerador através do disjuntor de interligação do autoprodutor.

D - Adaptações Necessárias no Sistema de Subtransmissão da CPFL

Para uma situação na qual a subestação de distribuição da CPFL esteja sendo alimentada por um ramal proveniente de uma Subestação de subtransmissão (radial), normalmente é necessária a

implementação de um esquema de proteção para a verificação de tensão no ramal de subtransmissão, para que, quando da abertura do disjuntor em que o cogerador em paralelo estiver conectado, se evite o religamento sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.

Para isso, o relé de sincronismo é necessário. Ele estará conectado por TP (69 ou 88 ou 138 kV) e será instalado na saída do disjuntor do ramal, cuja função será verificar constantemente a tensão e o sincronismo no circuito. No caso de um curto-circuito, havendo tensão no ramal (fato que significa que o cogerador está no circuito sustentando as cargas) fora do sincronismo, o relé não permitirá o religamento do disjuntor. Por outro lado se não houver tensão (cogerador está fora do circuito), o religamento é completado normalmente, sem problemas para o autoprodutor, para o qual, posteriormente, o paralelo poderá ser feito pelo disjuntor de interligação do autoprodutor.

Dependendo da potência do gerador a ser conectado no sistema elétrico, o mesmo pode provocar um "in feed" grande no sistema (para sistema em anel), fazendo com que para um curto-circuito na linha de subtransmissão, os relés da CPA e ou mesmo os relés da LT não atuem corretamente para o defeito. Neste caso é necessário o uso da teleproteção. A mais comumente utilizada pela CPFL é a transferência de disparo direto associado com a transferência de disparo permissivo por sobrealcance (POTT).

CONCLUSÕES

Com a adoção dos critérios apresentados, há condição de se manter qualidade de fornecimento de energia aos consumidores atendidos pelo mesmo alimentador em que estão conectados autoprodutores, com segurança ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção dos sistemas de distribuição.

Com relação às adaptações adicionais necessárias na proteção, nas subestações, no sistema de subtransmissão da concessionária, e também nos alimentadores de distribuição, verifica-se o aporte de benefícios ao próprio acessante, que consiste na garantia de desconexão o mais rapidamente possível, além de se evitar o religamento dos disjuntores nos geradores, caso os mesmos não tenham sido desconectados do sistema.

Espera-se assim, que seja mantida também, a integridade dos sistemas elétricos e de equipamentos da Concessionária, em situações de defeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOZINA, C. J. - *Protección de Interconexiones de Generadores de IPP Usando Tecnología Digital* – Reunion de Verano de Potencia - Acapulco, México -1999.

SENNE, E. F., P. C. Scarassati, M. Suzuki e H. Iwamoto - *Critérios de Conexão em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL*, XV SENDI, Bahia, Brasil, 2002.

SENNE, E.F., C. A. G. Mohallem, P. C. Scarassati, N. J. Salles, H. Iwamotto e M. Suzuki – *Critérios de Proteção de Proteção e Manobra Condicionada para a Conexão de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL*, VII – STPC, Rio de Janeiro, 2003.

Norma Técnica (CPFL) - *Ligação de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL* – Brasil, 2005.

Norma Técnica (CPFL) - *Ligação de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Transmissão da CPFL* – Brasil, 2005.

SENNE, Evaldo F.; MOHALLEM, Carlos A. G.; SCARASSATI, Paulo C.; DIAS, Evaldo B. & ABBOUD, Ricardo L. - *Proteção da Interconexão de Cogeradores e Utilização de Religadores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL*, VIII , Power -Gen Latin América, São Paulo, 2003.

MAEZONO, Paulo Koiti. *Conceitos e Princípios de Proteção de Relés,* Virtus Consultoria e Serviços Ltda, São Paulo, 2005.

ELNEWEIHI, A. F. *Useful Applications for Negative-Sequence Overcurrent Relaying* - 22nd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, Washington, October 24-26, 1995.

SENNE, Evaldo Flausino. *Interconexão de Autoprodutores com o Sistema de Distribuição: Uma Abordagem pela Ótica da Proteção.* Monografia para Universidade Federal de Itajubá, Especialização em Engenharia Elétrica, Itajubá/Minas Gerais, 2003.